

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
30. Juni 2005 (30.06.2005)

PCT

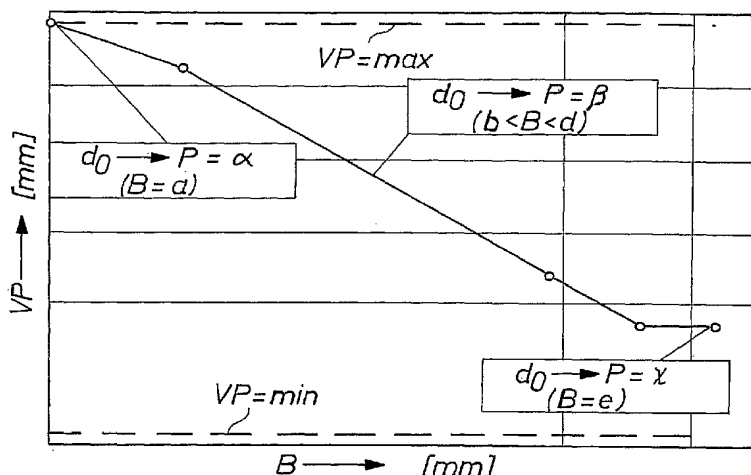
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2005/058517 A1**

- (51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: **B21B 13/14**, 37/40 (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **SMS DEMAG AG** [DE/DE]; Eduard-Schloemann-Strasse 4, 40237 Düsseldorf (DE).
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2004/012796 (72) Erfinder; und
- (22) Internationales Anmeldedatum: 11. November 2004 (11.11.2004) (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **RITTER, Andreas** [DE/DE]; Aurorastrasse 8, 35708 Haiger (DE). **HOLZ, Rüdiger** [DE/DE]; Tannenstrasse 10, 57290 Neunkirchen (DE).
- (25) Einreichungssprache: Deutsch (74) Anwalt: **VALENTIN, Ekkehard**; Valentin, Gihlske, Grosse, Hammerstrasse 2, 57072 Siegen (DE).
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität: 103 59 402.7 18. Dezember 2003 (18.12.2003) DE (81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: OPTIMISED SHIFT STRATEGY AS A FUNCTION OF STRIP WIDTH

(54) Bezeichnung: OPTIMIERTE VERSCHIEBESTRATEGIEN ALS FUNKTION DER BANDBREITE



TAB. 1

| B.<br>[mm] | VP<br>[mm] | P<br>[mm] |
|------------|------------|-----------|
| a          | w          | α         |
| b          | x          | β         |
| c          | y          | β         |
| d          | z          | β         |
| e          | z          | χ         |

(57) Abstract: The invention relates to a method for the optimisation of shift strategies, as a function of the strip width, for best possible usage of the advantages of CVC/CVC<sup>plus</sup> technology in operation of strip-edge oriented shifts in 4-/6-roller stands, comprising a pair of working rollers and a pair of support rollers for a 4-roller stand and, in addition, a pair of intermediate rollers for a 6-roller stand, whereby at least the working rollers and the intermediate rollers cooperate with devices for axial shifting, characterised in that selection of the shift position (VP), for the shifting working/intermediate rollers, is made as a function of strip width. The working/intermediate rollers are then positioned in various positions (P), relative to the strip edge and, within differing strip width ranges (B), the shift position (VP) of each roller is given by an incremental linear progressive function.

(57) Zusammenfassung: Ein Verfahren zur Optimierung von Verschiebestrategien als Funktion der Bandbreite zur bestmöglichen Ausnutzung der Vorteile der CVC/CVC<sup>plus</sup> - Technologie im Betrieb des bandkantenorientierten Verschiebens in 4-/6-Walzengerüsten umfassend jeweils ein Paar Arbeitswalzen und Stützwalzen bei einem 4-Walzengerüst und

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2005/058517 A1



AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Veröffentlicht:**

— mit internationalem Recherchenbericht

**(84) Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU,

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

zusätzlich ein Paar Zwischenwalzen bei einem 6-Walzengerüst, wobei zumindest die Arbeitswalzen und die Zwischenwalzen mit Vorrichtungen zum axialen Verschieben zusammenwirken, ist gekennzeichnet durch die Vorgabe der Verschiebeposition (VP) der verschiebbaren Arbeits-/Zwischenwalze in Abhängigkeit von der Bandbreite, wonach die Arbeits-/Zwischenwalze in verschiedenen Positionen (P) relativ zur Bandkante positioniert wird und innerhalb verschiedener Bandbreitenbereiche (B) dabei die Verschiebeposition (VP) der jeweiligen Walze durch stückweise lineare Ansatzfunktion vorgegeben wird.

5

## Optimierte Verschiebestrategien als Funktion der Bandbreite

10 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Optimierung von Verschiebstrategien als Funktion der Bandbreite zur bestmöglichen Ausnutzung der Vorteile der CVC/CVC<sup>plus</sup> – Technologie im Betrieb des bandkantenorientierten Verschiebens in 4-/6-Walzengerüsten, umfassend jeweils ein Paar Arbeitswalzen und Stützwalzen und zusätzlich ein Paar Zwischenwalzen bei 6-Walzengerüsten, 15 wobei zumindest die Arbeitswalzen und die Zwischenwalzen mit Vorrichtungen zum axialen Verschieben zusammenwirken, und wobei jede Arbeits-/Zwischenwalze einen um den CVC-Verschiebehub verlängerten Ballen mit einseitigem Rückschliff im Bereich der Ballenkante aufweist.

20 In der Vergangenheit sind die Anforderungen an die Qualität von kaltgewalztem Band hinsichtlich Dickentoleranzen, erreichbaren Enddicken, Bandprofil, Bandplanheit, Oberflächen etc. stetig gestiegen. Die Produktvielfalt am Markt für kaltgewalzte Bleche führt zudem zu einem immer vielfältigeren Produktspektrum hinsichtlich der Materialeigenschaften und der geometrischen Abmessungen. 25 Aufgrund dieser Entwicklung wird der Wunsch nach flexibleren Anlagenkonzeptionen und Fahrweisen in Kalttandemstraßen – optimal angepasst an das zu walzende Endprodukt – immer stärker.

Das Erreichen einer gewünschten Enddicke sowie die Realisierung bestimmter 30 Abnahmeverteilungen (Stichplangestaltung), insbesondere bei höherfesten Güten, wird maßgeblich durch den Arbeitswalzendurchmesser beeinflusst. Mit abnehmendem Arbeitswalzendurchmesser reduziert sich die benötigte Walzkraft durch ein günstigeres Abplattungsverhalten. Der Durchmesserreduzierung sind sowohl von der Übertragung der Drehmomente her als auch im Hinblick auf die 35 Walzendurchbiegung Grenzen gesetzt. Reichen die Zapfenquerschnitte zur Übertragung der Antriebsmomente nicht aus, so können die Arbeitswalzen über

5 Reibungsschluss durch die benachbarte Walze angetrieben werden. Im Falle eines 4-Walzengerüsts sind allerdings schwere Antriebselemente (Motor, Kammwalzgetriebe, Spindeln) zur Realisierung eines Stützwalzenantriebs erforderlich, welche die Anlage verteuern. Hier ist es sinnvoll, einzelne Gerüste (meist die vorderen) als 6-Walzengerüste mit Zwischenwalzenantrieb auszuführen.  
10 ren.

Für die Planheit des Bandes spielt neben der vertikalen Durchbiegung auch die horizontale Durchbiegung der Arbeitswalzen und Zwischenwalzen eine bedeutende Rolle. Durch das horizontale Verschieben der Arbeits-/Zwischenwalzen  
15 aus der Mittenebene des Gerüsts erfolgt ein Abstützen des Walzensatzes, der zur wesentlichen Reduzierung der horizontalen Durchbiegung führt.

Zudem verfügt das 6-Walzengerüst in der Zwischenwalzen-Biegung über ein zusätzliches, schnelles Stellglied. In Kombination mit der Arbeitswalzenbiegung  
20 besitzt das 6-Walzengerüst somit zwei in der Wirkung auf den Walzspalt unabhängige Stellglieder. Im ersten Gerüst ist somit eine schnelle Adaption des Walzspaltes an das einlaufende Bandprofil zur Vermeidung von Planheitsdefekten gewährleistet. Im letzten Gerüst können beide Stellglieder effektiv in der Planheitsregelung verwendet werden.

25

Für die klassischen Gerüstbauarten 4-High und 6-High existieren neben Basis-  
konzepten mit Biegesystemen und festen Walzenballigkeiten als Walzspalt beeinflussenden Stellgliedern im wesentlichen zwei weitere Gerüstkonzeptionen, die durch das Verschieben von Arbeitswalzen bzw. Zwischenwalzen, basierend  
30 auf unterschiedlichen Wirkprinzipien, den Walzspalt zusätzlich beeinflussen:

- CVC/CVC<sup>plus</sup> – Technologie
- Technologie des bandkantenorientierten Verschiebens

5 Hierbei handelt es sich um getrennte Gerüstkonzepte, da unterschiedliche Walzengeometrien erforderlich sind.

In der klassischen CVC – Technologie, wie sie in der EP 0 049 798 B1 beschrieben wird, sind die Ballenlängen der verschiebbaren Walzen stets um den axialen Verschiebehub länger als die feststehenden, unverschobenen Walzen. 10 Dadurch wird erreicht, dass die verschiebbare Walze nicht mit ihrer Ballenkante unter die feststehenden Walzenballen geschoben werden kann. Somit werden Oberflächenschäden/Markierungen vermieden. Die Arbeitswalzen werden im Allgemeinen über ihre gesamte Länge an den Zwischen- oder Stützwalzen abgestützt. 15 Dadurch wird die von den Stützwalzen ausgeübte Walzkraft auf die gesamte Länge der Arbeitswalzen übertragen. Dies hat zur Folge, dass die über das Walzgut seitlich vorstehenden und damit am Walzvorgang nicht beteiligten Enden der Arbeitswalzen durch die auf sie ausgeübte Walzkraft in Richtung auf das Walzgut durchgebogen werden. Aus dieser schädlichen Durchbiegung der Arbeitswalzen resultiert eine Aufbiegung der mittleren Walzenabschnitte. 20 Sie bewirkt ein zu geringes Auswalzen des zentralen Bandbereiches und ein starkes Auswalzen der Bandkanten. Diese Wirkungen kommen besonders bei sich im Betrieb ändernden Walzbedingungen sowie beim Walzen von unterschiedlich breiten Bändern zur Geltung.

25 Dem gegenüber werden bei der Technologie des bandkantenorientierten Verschiebens, wie in der DE 22 06 912 C3 offenbart ist, im gesamten Walzensatz Walzen mit gleichen Ballenlängen verwendet. Die verschiebbaren Walzen sind dabei einseitig im Ballenkantenbereich entsprechend geometrisch gestaltet und mit einem Rückschliff versehen, um lokal auftretende Lastspitzen zu reduzieren. 30 Das Wirkprinzip beruht auf dem bandkantenorientierten Nachschieben der Ballenkante, entweder vor, auf oder sogar bis hinter die Bandkante. Insbesondere bei 6-Walzengerüsten führt das Verschieben der Zwischenwalze unter die Stützwalze zur gezielten Beeinflussung der Wirksamkeit der positiven Arbeitswalzen-Biegung. 35 Nachteilig wirkt sich allerdings bei diesem Verfahren das axiale Verschieben der Walzen auf die Lastverteilung in den jeweiligen Kontaktfu-

- 5 gen aus. Mit kleiner werdender Bandbreite erhöht sich die maximal auftretende Lastspitze der Kontaktkraftverteilung gravierend.

In der Patentschrift DE 36 24 241 C2 (Verfahren zum Betrieb eines Walzwerks zur Herstellung eines Walzbandes) werden beide Verfahren miteinander kom-  
10 biniert. Ziel ist es, die nachteilige Durchbiegung der Arbeitswalzen unter Walzkraft über das gesamte Bandbreitenspektrum zu vergleichmäßigen und unter Verkürzung der Verschiebewege die Wirksamkeit der Walzenbiegesysteme zu vergrößern, ohne dass der kontinuierliche Walzbetrieb unterbrochen werden muss. Dieses Ziel wird durch das bandkantenorientierte Verschieben von Zwi-  
15 schen- bzw. Arbeitswalzen mit einem aufgetragenen CVC-Schliff erreicht. Die Ballenkanten der CVC-Walzen werden dabei im Bereich der Bandkante positioniert. Wie im Falle der Technologie des bandkantenorientierten Verschiebens besteht der Walzensatz aus Walzen gleicher Ballenlängen.

20 In den diskutierten Technologien handelt es sich jeweils um getrennte Gerüstkonzepte, da unterschiedliche Walzengeometrien erforderlich sind. Es besteht das Bestreben, diese Technologien/Fahrweisen durch eine Gerüstkonzeption mit geometrisch gleichem Walzensatz zu realisieren. Die grundsätzliche Vorgehensweise zur Realisierung einer bandkantenorientierten Verschiebestrategie  
25 ausschließlich der Zwischenwalzen und ausschließlich in einem 6-Walzengerüst unter Verwendung eines geometrisch gleichem Walzensatzes wurde in der DE 100 37 004 A1 ausführlich beschrieben.

Aufgabe der Erfindung ist, die aus der DE 100 37 004 A1 bekannte bandkan-  
30 tenorientierten Verschiebestrategie so auch auf die Arbeitswalzen auszudehnen, dass eine Gerüstkonzeption mit geometrisch gleichem Walzensatz realisiert wird.

Die gestellte Aufgabe wird durch die kennzeichnenden Merkmale des An-  
35 spruchs 1 durch Vorgabe der Verschiebeposition der verschiebbaren Arbeits-/Zwischenwalze in Abhängigkeit von der Bandbreite gelöst, bei der die Arbeits-

- 5 /Zwischen-walze in verschiedenen Positionen relativ zur Bandkante positioniert wird, wobei innerhalb verschiedener Bandbreitenbereiche dabei die Verschiebeposition der jeweiligen Walze durch stückweise lineare Ansatzfunktion vorgegeben wird.
- 10 In Abhängigkeit der Materialeigenschaften werden dabei die freien Parameter der Ansatzfunktion so variabel vorgebar gewählt, dass sich die vorgegebenen Positionen relativ zur Bandkante einstellen. Das bandkantenorientierte Verschieben der Arbeits-/Zwischenwalzen wird so durchgeführt, dass diese relativ zur neutralen Verschiebeposition ( $s_{ZW} = 0$  bzw.  $s_{AW} = 0$ ) in Gerüstmitte symmetrisch um jeweils den gleichen Betrag in Richtung ihrer Achse gegeneinander
- 15 verschoben werden.

Als Basis für das Gerüstkonzept wird die Walzenkonfiguration aus der CVC/CVC<sup>plus</sup> – Technologie für ein 6-Walzen- bzw. 4-Walzengerüst verwendet.

- 20 Die verschiebbare Zwischen- bzw. Arbeitswalze besitzt einen um den CVC-Verschiebehub längeren Ballen, der sich für die neutrale Verschiebeposition  $s_{ZW} = 0$  bzw.  $s_{AW} = 0$  symmetrisch in Gerüstmitte befindet.

- Die Arbeits-/Zwischenwalze mit längerem und symmetrischem Ballen wird während des bandkantenorientierten Verschiebens entweder mit einem zylindrischen, balligen oder überlagertem CVC/CVC<sup>plus</sup> -Schliff eingesetzt. Durch geeignete Ausführung eines einseitigen Rückschliffs in Kombination mit dem überlagerten Walzenschliff und dem bandbreitenabhängigen Optimieren der axialen Verschiebeposition lässt sich das Deformationsverhalten des Walzensatzes und
- 30 die Wirksamkeit der positiven Arbeitswalzen-Biegung (6-Walzengerüst) gezielt beeinflussen. Der Walzspalt kann somit optimal eingestellt werden.

- Dem zylindrischen Ballen der Arbeits-/Zwischenwalze kann zusätzlich eine gekrümmte Kontur (z. B. CVC/CVC<sup>plus</sup> -Schliff) überlagert werden. Im Falle eines
- 35 CVC/CVC<sup>plus</sup> -Schliffes wird die gekrümmte Kontur durch die Gleichung

5  $R(x)=R_0 + a_1 \cdot x + a_2 \cdot x^2 \dots + a_n \cdot x^n$

beschrieben.

- 10 Durch die überlagerte, gekrümmte Kontur der Arbeits-/Zwischenwalze lässt sich der benötigte Verschiebehub reduzieren, da der Beginn des Rückschliffs der Arbeits-/Zwischenwalze deutlich vor der Bandkante positioniert wird. Zum einen reduziert sich die Lastverteilung in Folge der größeren Kontaktlänge. Zum anderen verlagert sich das Maximum der Lastverteilung durch den CVC/CVC<sup>plus</sup> -
- 15 Schliff mit abnehmender Bandbreite zunehmend zur Gerüstmitte hin.

Beim axialen Verschieben der Arbeits-/Zwischenwalze wird der Beginn des Rückschliffs außerhalb, auf oder innerhalb der Bandkante, also schon innerhalb der Bandbreite positioniert. Die Positionierung erfolgt in Abhängigkeit von der

20 Bandbreite und den Materialeigenschaften, wodurch gezielt das elastische Verhalten des Walzensatzes sowie die Wirksamkeit der positiven Arbeitswalzen-Biegung (6-Walzengerüst) eingestellt werden kann.

Durch Optimieren der Verschiebeposition der Arbeits-/Zwischenwalzen werden

25 gezielt Ballenbereiche innerhalb des Walzensatzes aus dem Kraftfluss ausgeblendet. Daraus resultierende, sich negativ auswirkende Verformungen werden reduziert, da das Prinzip des „idealen Gerüsts“ angenähert wird. Allerdings erhöhen sich die auftretenden Lastverteilungen in den jeweiligen Kontaktfugen aufgrund der reduzierten Kontaktlängen.

30

Aus dem gegensinnigen Verschieben der CVC/CVC<sup>plus</sup> -Walzen resultiert zudem die Möglichkeit einer gezielten Beeinflussung des Bandprofils im Sinne eines Preset-Stellglieds. Wird die gekrümmte Kontur derart gewählt, dass sie in maximal negativer Verschiebeposition keinen oder einen minimalen Crown und

35 in maximal positiver Verschiebeposition einen maximalen Crown erzeugt, so lässt sich die bandbreitenabhängige Gerüstdeformation teilweise kompensie-



- 5 ren. Der verbleibende Teil wird durch die mit abnehmender Bandbreite zunehmende Wirkung der positiven Arbeitswalzen-Biegung kompensiert.<sup>1</sup>

Weitere Vorteile, Einzelheiten und Merkmale der Erfindung ergeben sich aus den nachstehenden Erläuterungen einiger in Zeichnungsfiguren schematisch  
10 dargestellter Ausführungsbeispiele. Zur besseren Übersichtlichkeit sind gleiche Walzen mit gleichen Bezugszeichen versehen.

Es zeigen:

- 15 Fig. 1 den einseitigen Rückschliff im Bereich der Ballenkante einer Arbeits-/Zwischenwalze,  
Fig. 2 Gerüstkonzeption für bandkantenorientiertes Verschieben mit überlagertem CVC/CVC<sup>plus</sup>-Schliff der Zwischenwalzen,  
Fig. 3 Gerüstkonzeption für bandkantenorientiertes Verschieben mit überlagertem CVC/CVC<sup>plus</sup>-Schliff der Arbeitswalzen,  
20 Fig. 4a-4c Positionierung des Zwischenwalzenrückschliffs,  
Fig. 5a-5c Positionierung des Arbeitswalzenrückschliffs,  
Fig. 6 Vorgabe der Verschiebeposition in Abhängigkeit der Bandbreite.

25 In Figur 1 ist schematisch das Aussehen und die geometrische Anordnung eines einseitigen Rückschliffs d im Bereich der Ballenkante einer Arbeits-/Zwischenwalze 10, 11 dargestellt. In der DE 100 37 004 A1 ist ein einseitiger Rückschliff, wie er hier verwendet wird, bereits ausführlich beschrieben und in einer Zeichnungsfigur dargestellt.

30

Die Länge l des einseitigen Rückschliffs d im Bereich einer Ballenkante der Arbeits-/Zwischenwalze 10, 11, teilt sich in zwei aneinander gesetzte Bereiche a und b auf. Im ersten inneren Bereich a, beginnend im Punkt d<sub>0</sub>, folgt der Rückschliff y(x) der Kreisgleichung  $(l - x)^2 + y^2 = R^2$  mit R für den Walzenradius. Mit  
35 den eingezeichneten Koordinaten x und y ergibt sich für den Bereich a dann ein Rückschliff y(x) von:

5

$$\text{Bereich a: } =(R^2 - (R - d)^2)^{1/2} \quad \Rightarrow \quad y(x) = R - (R^2 - (l - x)^2)^{1/2}$$

Wird eine in Abhängigkeit der äußeren Randbedingungen (Walzkraft und daraus resultierenden Walzenverformung) vorgegebene minimal notwendige  
10 Durchmesserreduzierung  $2d$  erreicht, so verläuft der Rückschliff  $y(x)$  linear bis zur Ballenkante aus, woraus sich für den Bereich  $b$  ergibt.

$$\text{Bereich b: } = l - a \quad \Rightarrow \quad y(x) = d = \text{const.}$$

15 Der Übergang zwischen Bereich  $a$  und  $b$  kann mit oder ohne stetig differenzierbarem Übergang ausgeführt werden. Weiterhin kann dieser Übergang des Rückschliffs auch mit einer sequentiellen Rücknahme des aus der Abplattung resultierenden Maßes  $d$  nach einer vorher ermittelten Tabelle vorgenommen werden. Der Rückschliff  $y(x)$  ist dann beispielsweise im Übergangsbereich flacher  
20 als ein Radius und am Ende sehr viel steiler. Aus schleiftechnischen Gründen ist der Übergang zum zylindrischen Teil über einen entsprechend größeren Absatz im Übergang zwischen  $a$  und  $b$  auszuführen (ca.  $2d$ ).

Die Durchmesserreduzierung  $2d$  durch den Rückschliff  $y(x)$  wird so vorgegeben,  
25 dass sich in einem 6-Walzengerüst die Arbeitswalze 10 frei um den Rückschliff  $y(x)$  der Zwischenwalze 11 biegen kann, ohne dass Kontakt im Bereich  $b$  befürchtet werden muss. Im 4-Walzengerüst dient der Rückschliff  $y(x)$  nur zur lokalen Reduzierung der auftretenden Lastspitzen.

30 Im Normalfall befindet sich der einseitige Rückschliff an der oberen Arbeits-/Zwischenwalze 10, 11 auf der Bedienungsseite BS und an der unteren Arbeits-/Zwischenwalze 10, 11 auf der Antriebsseite AS, wie in den Figuren 2 und 3 angeführt ist. Am Wirkprinzip ändert sich aber nichts, wenn man den Rückschliff umgekehrt an der oberen Arbeits-/Zwischenwalze 10, 11 auf der Antriebsseite

- 5 AS und an der unteren Arbeits-/Zwischenwalze 10, 11 auf der Bedienungsseite BS anbringt.

In Figur 2 ist der Walzensatz eines 6-Walzengerüsts dargestellt, bestehend aus den Arbeitswalzen 10, den Zwischenwalzen 11 mit verlängerten Ballen und  
10 den Stützwalzen 12. Das Walzband 14 ist symmetrisch in der Gerüstmitte angeordnet. Die dargestellte Verschiebung der Zwischenwalze 11 um den Betrag  $s_{ZW} = „+“$  besagt, dass sie in Richtung der Antriebsseite AS hin verschoben wurde. (Positives Verschieben bedeutet, dass die obere Arbeits-/Zwischenwalze 10, 11 in Richtung der Antriebsseite AS und die untere Arbeits-  
15 /Zwischenwalze 10, 11 in Richtung der Bedienungsseite BS verschoben wird.)

In Figur 3 ist der Walzensatz eines 4-Walzengerüsts dargestellt, bestehend aus den Arbeitswalzen 10 mit verlängerten Ballen und den Stützwalzen 12. Auch hier wurde eine positive Verschiebung durchgeführt und zwar der Arbeitswalzen 10 um den Betrag  $s_{AW} = „+“$ .  
20

In den Figuren 4a-4c und 5a-5c ist das axiale Verschieben der Arbeits-/Zwischenwalze 10, 11 um einen Verschiebehub  $m$  nochmals im Detail dargestellt. In den dargestellten Verschiebpositionen der Figur 4a und 5a wurde der  
25 Beginn  $d_0$  des Rückschliffs  $y(x)$  außerhalb der Bandkante ( $m = +$ ), in Figur 4b und 5b auf der Bandkante ( $m = 0$ ) und in Figur 4c und 5c innerhalb der Bandkante ( $m = -$ ), also schon innerhalb der Bandbreite positioniert.

In verschiedenen Bandbreitenbereichen wird in Abhängigkeit von der Bandbreite die Verschiebposition durch stückweise lineare Ansatzfunktionen vorgegeben, denen unterschiedliche Positionen des Beginns  $d_0$  des Rückschliffes relativ zur Bandkante zu Grunde liegen. Die verschiebbare Arbeits-/Zwischenwalze wird dabei nicht, wie konventionell üblich, mit einem festen Maß  $m$  wie in den Figuren 4 und 5 dargestellt, vor der Bandkante positioniert, sondern in Abhän-  
30 gigkeit der Bandbreite in verschiedenen Positionen  $P$  ( $\alpha, \beta, \chi$ , siehe Tabelle 1)  
35

5 relativ zur Bandkante. Innerhalb verschiedener Bandbreitenbereiche B (a, b, c, d, e, siehe Tabelle 1) wird dabei die Verschiebeposition VP (w, x, y, z, siehe Tabelle 1) der jeweiligen Walze durch stückweise lineare Ansatzfunktion vorgegeben. Die freien Parameter der Ansatzfunktion werden so gewählt, dass sich die in der Tabelle 1 vorgegebenen Positionen P relativ zur Bandkante einstellen. Damit ergibt sich ebenfalls die Verschiebeposition VP der Walze. In Ab-  
10 hängigkeit der Materialeigenschaften sind die Parameter variabel vorgebar.

In Figur 6 ist in Form eines Diagramms ein Beispiel für die Vorgabe der bandbreitenabhängigen Verschiebeposition der Zwischenwalze in einem 6-Walzengerüst dargestellt. Aufgetragen sind auf der Ordinate die vorgegebene Verschiebeposition VP in mm und auf der Abszisse der Bandbreitenbereich B. Parallel zur Abszisse sind im oberen Teil des Diagramms die maximale Verschiebeposition  $VP_{max.}$  und im unteren Teil die minimale Verschiebeposition  $VP_{min.}$  in gestrichelter Form eingezeichnet.

20

Aus diesem Diagramm sind für verschiedene Positionen P die erhaltenen Verschiebepositionen VP mit Hilfe der Tabelle 1 wie folgt abzugreifen:

- Bei einem Rückschliffbeginn  $d_0$  an der Zwischenwalze im Abstand  $P = \alpha$  in mm außerhalb der Bandkante  $B = a$  in mm ergibt sich eine Verschiebeposition VP von w in mm.
- Bei einem Rückschliffbeginn  $d_0$  an der Zwischenwalze im Abstand  $P = \beta$  in mm außerhalb der Bandkante  $b < B < d$  in mm ergibt sich eine Verschiebeposition VP zwischen x bis z in mm.
- Bei einem Rückschliffbeginn  $d_0$  an der Zwischenwalze im Abstand  $P = \chi$  in mm innerhalb der Bandkante  $B = e$  in mm ergibt sich eine Verschiebeposition VP von z in mm.

30

Wesentlicher Vorteil der beschriebenen Gerüstkonzeption ist, dass mit nur einem geometrisch gleichen Walzensatz die CVC/CVC<sup>plus</sup> – Technologie sowie

35

5 die Technologie des bandkantenorientierten Verschiebens in der oben darge-  
legten Weise realisiert werden kann. Es sind keine unterschiedlichen Walzentypen mehr notwendig. Unterschiede bestehen nur noch im aufgebrauchten Walzenschliff oder einem Rückschliff nach oben gearteten Vorgaben. Zusätzlich besteht die Möglichkeit, beide Technologien miteinander zu kombinieren und  
10 unter Verwendung verschiedener Verschiebestrategien das Deformationsverhalten des Walzgerüsts sowie die Lastverteilung in den Kontaktfugen zu optimieren (ESS-Technologie = Enhanced Shifting Strategies ).

5

**Bezugszeichenliste**

|    |                 |  |
|----|-----------------|--|
|    | 10              | Arbeitswalze   |
| 10 | 11              | Zwischenwalze  |
|    | 12              | Stützwalze   |
|    | 14              | Walzband   |
|    | a               | erste, innere Abschnittslänge von d                          |
|    | b               | zweite, äußere Abschnittslänge von d                         |
| 15 | d               | Rückschliff (entspricht einer Durchmesserreduzierung von 2d) |
|    | d <sub>0</sub>  | Beginn von d   |
|    | l               | Länge von d  |
|    | m               | Verschiebehub  |
|    | s <sub>AW</sub> | Verschiebungsbetrag einer Arbeitswalze                       |
| 20 | s <sub>ZW</sub> | Verschiebungsbetrag einer Zwischenwalze                      |
|    | x, y            | kartesische Koordinaten                                      |
|    | AS              | Antriebsseite  |
|    | B               | Bandbreite   |
|    | BS              | Bedienungsseite  |
| 25 | P               | Position von 10, 11 relativ zur Bandkante                    |
|    | R               | Walzenradius   |
|    | R <sub>0</sub>  | Ausgangswalzenradius   |
|    | VP              | Verschiebeposition   |

5

## Patentansprüche

- 10 1. Verfahren zur Optimierung von Verschiebstrategien als Funktion der Bandbreite zur bestmöglichen Ausnutzung der Vorteile der CVC/CVC<sup>plus</sup> – Technologie im Betrieb des bandkantenorientierten Verschiebens in 4- /6-Walzengerüsten, umfassend jeweils ein Paar Arbeitswalzen (10) und Stützwalzen (12) und zusätzlich ein Paar Zwischenwalzen (11) bei 6-  
15 Walzengerüsten, wobei zumindest die Arbeitswalzen (10) und die Zwischenwalzen (11) mit Vorrichtungen zum axialen Verschieben zusammenwirken, und wobei jede Arbeits-/Zwischenwalze (10, 11) einen um den CVC-Verschiebehub verlängerten Ballen mit einseitigem Rückschliff  $y(x)$  im Bereich der Ballenkante aufweist,  
20 **gekennzeichnet durch**  
Vorgabe der Verschiebeposition (VP) der verschiebbaren Arbeits-/Zwischenwalze (10, 11) in Abhängigkeit von der Bandbreite, wonach die Arbeits-/Zwischenwalze (10, 11) in verschiedenen Positionen (P) relativ zur Bandkante (14) positioniert wird und innerhalb verschiedener Bandbreitenbereiche (B) dabei die Verschiebeposition (VP) der jeweiligen Walze  
25 durch stückweise lineare Ansatzfunktion vorgegeben wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1,  
30 **dadurch gekennzeichnet,**  
dass in Abhängigkeit der Materialeigenschaften die freien Parameter der Ansatzfunktion so variabel vorgebbar gewählt werden, dass sich die vorgegebenen Positionen (P) relativ zur Bandkante (14) einstellen.
3. Verfahren nach Anspruch 2,  
35 **dadurch gekennzeichnet,**

5 dass das bandkantenorientiertes Verschieben der Arbeits-/Zwischenwalzen (10, 11) relativ zur neutralen Verschiebeposition ( $s_{zw} = 0$  bzw.  $s_{AW} = 0$ ) in Gerüstmitte symmetrisch um jeweils den gleichen Betrag in Richtung ihrer Achse gegeneinander durchgeführt wird.

10 4. Walzwerk, umfassend 4-/ 6-Walzengerüste in CVC-Bauart mit jeweils ein Paar Arbeitswalzen (10) und Stützwalzen (12) bei 4-Walzengerüsten und zusätzlich jeweils ein Paar Zwischenwalzen (11) bei 6-Walzengerüsten, wobei zumindest die Arbeitswalzen (10) und die Zwischenwalzen (11) mit Vorrichtungen zum axialen Verschieben zusammenwirken, zur Durchfüh-

15 rung des Verfahrens nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die verschiebbaren Arbeits-/Zwischenwalzen (10, 11) der Walzgerüste je einen um den axialen CVC-Verschiebehub längeren und symmetrischen Ballen aufweisen, der mit einer gekrümmten Walzenkontur mit (CVC/CVC<sup>plus</sup> -Schliff) überlagert und mit einem einseitigen Rückschliff (d) versehen ist.

20

5. Walzwerk nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die gekrümmte Walzenkontur (CVC/CVC<sup>plus</sup> -Schliff) durch die Gleichung

25

$$R(x) = R_0 + a_1 \cdot x + a_2 \cdot x^2 \dots + a_n \cdot x^n$$

beschrieben wird, wobei  $R_0$  der Radius des Ausgangsballens ist.

30

6. Walzwerk nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Länge (l) des einseitigen Rückschliffs  $y(x)$  der Arbeits-/Zwischenwalzen (10, 11) in zwei aneinander grenzende Bereiche (a) und (b) getrennt ist, wobei der erste Bereich (a), beginnend mit dem Radius ( $R_0$ ), der Kreisgleichung  $(l - x)^2 + y^2 = R^2$  folgt und der Bereich (b) linear ver-

35



- 5 läuft, woraus sich für diese Bereiche folgender Rückschliff  $y(x)$  bzw. folgende Durchmesserreduzierung  $2 \cdot y(x)$  infolge des aus der Walzenabplattung resultierenden Maßes ergibt:

$$\text{Bereich (a): } = (R^2 - (R - d)^2)^{1/2} \Rightarrow y(x) = d = R - (R^2 - (l - x)^2)^{1/2}$$

$$\text{Bereich (b): } = l - a \Rightarrow y(x) = d = \text{const.}$$

10

7. Walzwerk nach Anspruch 4 und 5,

**dadurch gekennzeichnet,**

dass der Übergang des Rückschliffs  $y(x)$  zwischen den Bereichen (a) und (b) mit einer sequentiellen Rücknahme des aus der Walzenabplattung resultierenden Maßes (d) nach einer ermittelten Tabelle vorgenommen wird.

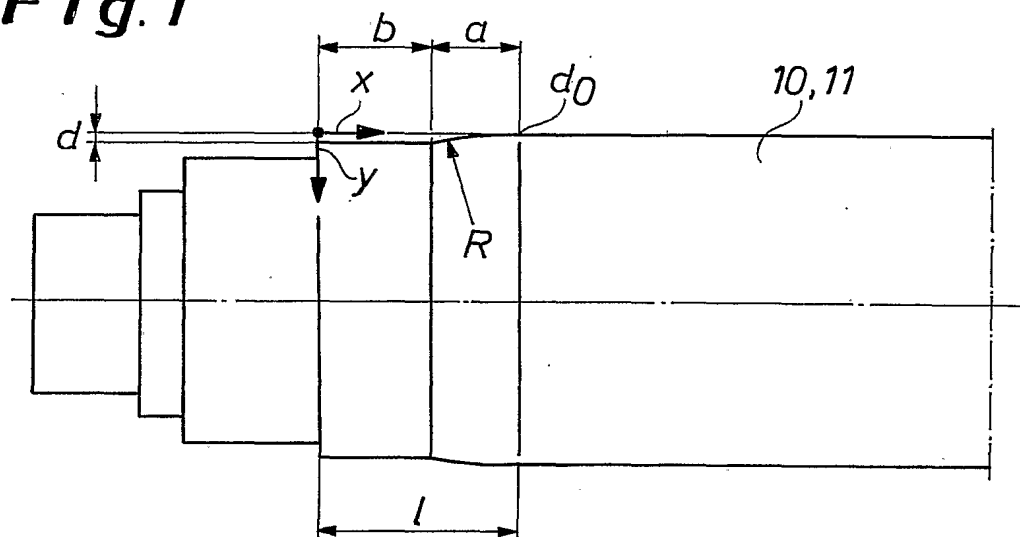
15

8. Walzwerk nach einem oder mehreren der Ansprüche 4 bis 7,

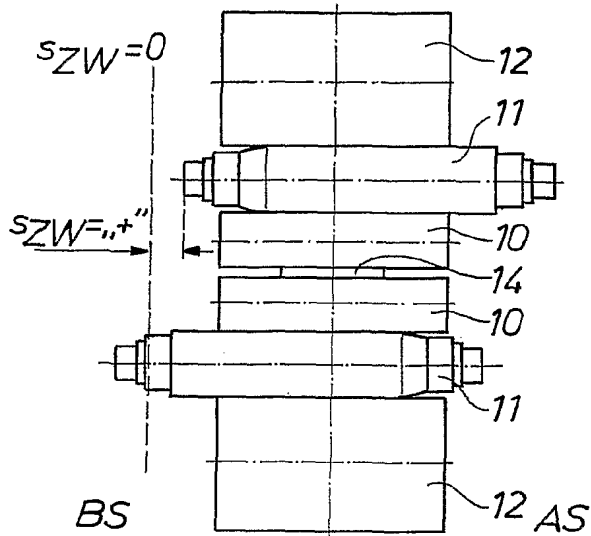
**dadurch gekennzeichnet,**

dass die Walzgerüste einen geometrisch gleichen Walzensatz aufweisen.

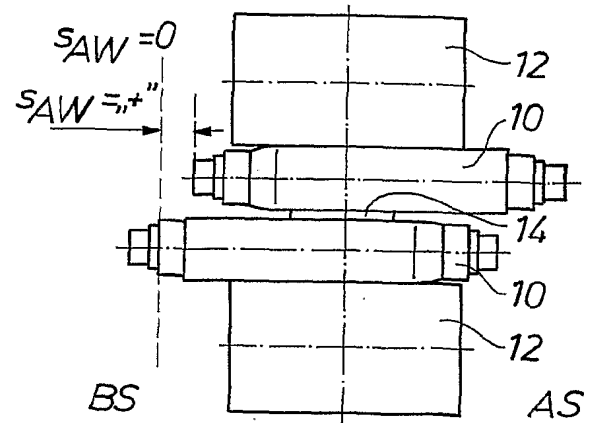
20

**Fig. 1**

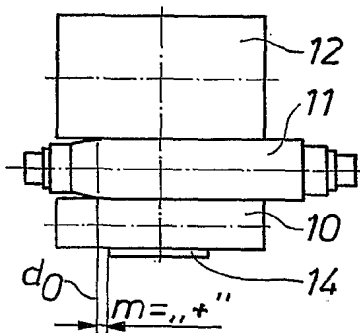
**Fig. 2**



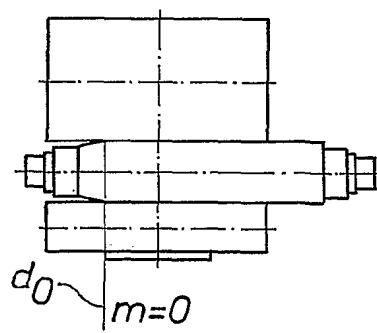
**Fig. 3**



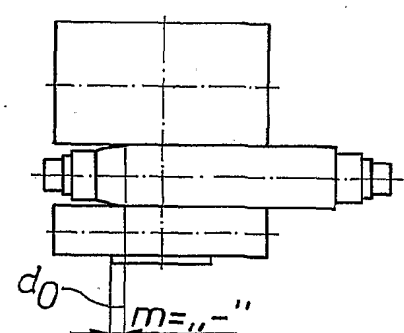
**Fig. 4a**



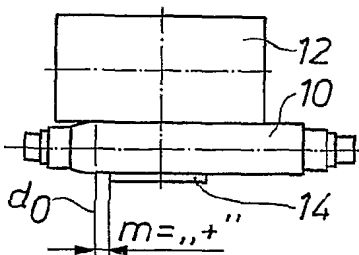
**Fig. 4b**



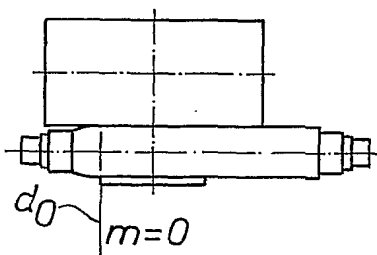
**Fig. 4c**



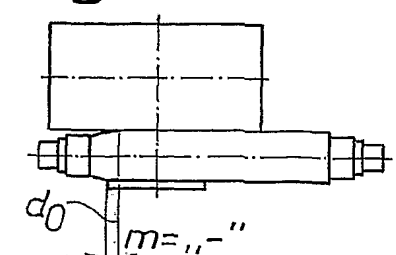
**Fig. 5a**

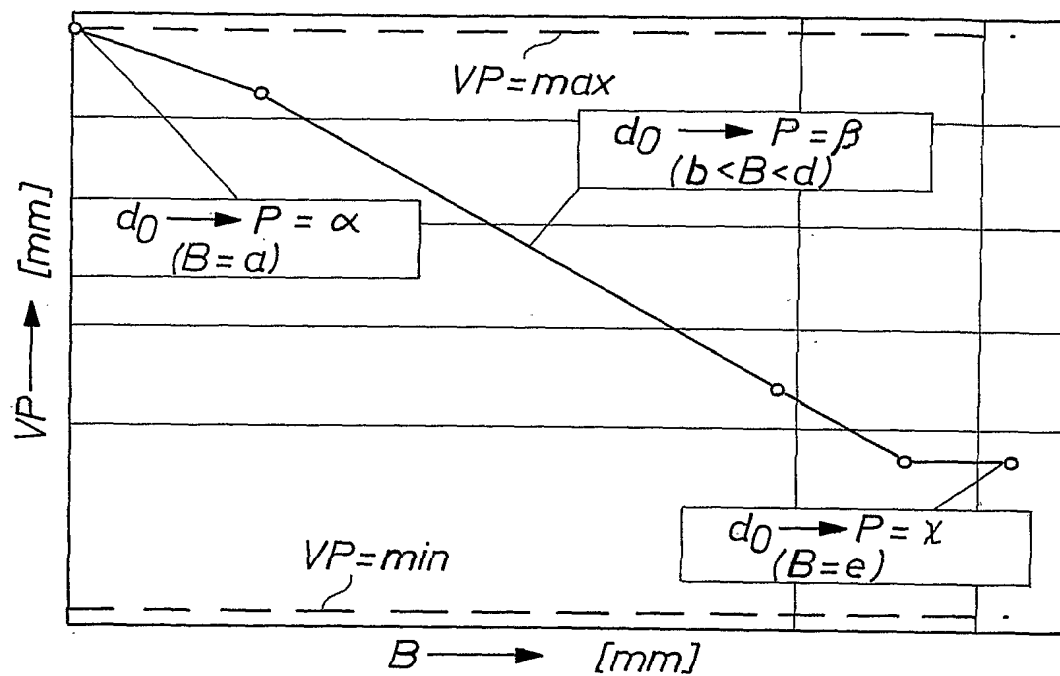


**Fig. 5b**



**Fig. 5c**



**Fig. 6**

TAB. 1

| $B$<br>[mm] | $VP$<br>[mm] | $P$<br>[mm] |
|-------------|--------------|-------------|
| $a$         | $w$          | $\alpha$    |
| $b$         | $x$          | $\beta$     |
| $c$         | $y$          | $\beta$     |
| $d$         | $z$          | $\beta$     |
| $e$         | $z$          | $\chi$      |

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP2004/012796

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
 IPC 7 B21B13/14 B21B37/40

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 B21B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, PAJ

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

| Category ° | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages  | Relevant to claim No. |
|------------|---|-----------------------|
| X          | DE 100 37 004 A1 (SMS DEMAG AG)<br>28 February 2002 (2002-02-28)<br>cited in the application<br>claims 1-7; figure 3<br>-----                       | 1-8                   |
| X          | DE 197 19 318 A1 (SMS SCHLOEMANN-SIEMAG<br>AG, 40237 DUESSELDORF, DE; SMS DEMAG AG)<br>12 November 1998 (1998-11-12)<br>the whole document<br>----- | 1-8                   |
| A          | US 6 324 881 B1 (BENEDETTI GIANPIETRO ET<br>AL) 4 December 2001 (2001-12-04)<br>figure 4<br>-----<br>-/--   | 1,4                   |

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

° Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

23 February 2005

Date of mailing of the international search report

18/03/2005

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
 NL - 2280 HV Rijswijk  
 Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
 Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Forciniti, M

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP2004/012796

| C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT |   |                       |
|--|---|-----------------------|
| Category *   | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages  | Relevant to claim No. |
| A  | <p>PATENT ABSTRACTS OF JAPAN<br/>vol. 018, no. 217 (M-1594),<br/>19 April 1994 (1994-04-19)<br/>&amp; JP 06 015309 A (SUMITOMO METAL IND LTD),<br/>25 January 1994 (1994-01-25)<br/>abstract</p> <p>-----</p> | 1,4                   |

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/EP2004/012796

| Patent document<br>cited in search report |    | Publication<br>date | Patent family<br>member(s)  | Publication<br>date  |
|---|----|---------------------|---|--|
| DE 10037004                               | A1 | 28-02-2002          | BR 0112838 A<br>CN 1444513 T<br>WO 0209896 A1<br>EP 1305123 A1<br>US 2003164020 A1                          | 24-06-2003<br>24-09-2003<br>07-02-2002<br>02-05-2003<br>04-09-2003                             |
| DE 19719318                               | A1 | 12-11-1998          | BR 9801600 A<br>CA 2237022 A1<br>CN 1198967 A<br>EP 0876857 A2<br>ID 20666 A<br>TW 407069 B<br>US 5943896 A | 01-06-1999<br>08-11-1998<br>18-11-1998<br>11-11-1998<br>11-02-1999<br>01-10-2000<br>31-08-1999 |
| US 6324881                                | B1 | 04-12-2001          | IT UD990168 A1<br>AU 6589900 A<br>EP 1214159 A1<br>WO 0119544 A1  | 14-03-2001<br>17-04-2001<br>19-06-2002<br>22-03-2001   |
| JP 06015309                               | A  | 25-01-1994          | NONE  |  |

**A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES**

IPK 7 B21B13/14 B21B37/40

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

**B. RECHERCHIERTE GEBIETE**

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 B21B

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, PAJ

**C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN**

| Kategorie* | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile   | Betr. Anspruch Nr. |
|------------|--|--------------------|
| X          | DE 100 37 004 A1 (SMS DEMAG AG)<br>28. Februar 2002 (2002-02-28)<br>in der Anmeldung erwähnt<br>Ansprüche 1-7; Abbildung 3<br>-----                  | 1-8                |
| X          | DE 197 19 318 A1 (SMS SCHLOEMANN-SIEMAG<br>AG, 40237 DUESSELDORF; DE; SMS DEMAG AG)<br>12. November 1998 (1998-11-12)<br>das ganze Dokument<br>----- | 1-8                |
| A          | US 6 324 881 B1 (BENEDETTI GIANPIETRO ET<br>AL) 4. Dezember 2001 (2001-12-04)<br>Abbildung 4<br>-----<br>-/-   | 1,4                |



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&amp;" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

23. Februar 2005

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

18/03/2005

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Forciniti, M



## C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

| Kategorie° | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile   | Betr. Anspruch Nr. |
|------------|--|--------------------|
| A          | <p>PATENT ABSTRACTS OF JAPAN<br/>Bd. 018; Nr. 217 (M-1594),<br/>19. April 1994 (1994-04-19)<br/>&amp; JP 06 015309 A (SUMITOMO METAL IND LTD),<br/>25. Januar 1994 (1994-01-25)<br/>Zusammenfassung</p> <p>-----</p> | 1,4                |

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2004/012796

| Im Recherchenbericht<br>angeführtes Patentdokument |    | Datum der<br>Veröffentlichung | Mitglied(er) der<br>Patentfamilie |               | Datum der<br>Veröffentlichung |
|--|----|-------------------------------|-----------------------------------|---------------|-------------------------------|
| DE 10037004  | A1 | 28-02-2002                    | BR                                | 0112838 A     | 24-06-2003                    |
|  |    |                               | CN                                | 1444513 T     | 24-09-2003                    |
|  |    |                               | WO                                | 0209896 A1    | 07-02-2002                    |
|  |    |                               | EP                                | 1305123 A1    | 02-05-2003                    |
|  |    |                               | US                                | 2003164020 A1 | 04-09-2003                    |
| <hr/>  |    |                               |                                   |               |                               |
| DE 19719318  | A1 | 12-11-1998                    | BR                                | 9801600 A     | 01-06-1999                    |
|  |    |                               | CA                                | 2237022 A1    | 08-11-1998                    |
|  |    |                               | CN                                | 1198967 A     | 18-11-1998                    |
|  |    |                               | EP                                | 0876857 A2    | 11-11-1998                    |
|  |    |                               | ID                                | 20666 A       | 11-02-1999                    |
|  |    |                               | TW                                | 407069 B      | 01-10-2000                    |
|  |    |                               | US                                | 5943896 A     | 31-08-1999                    |
| <hr/>  |    |                               |                                   |               |                               |
| US 6324881   | B1 | 04-12-2001                    | IT                                | UD990168 A1   | 14-03-2001                    |
|  |    |                               | AU                                | 6589900 A     | 17-04-2001                    |
|  |    |                               | EP                                | 1214159 A1    | 19-06-2002                    |
|  |    |                               | WO                                | 0119544 A1    | 22-03-2001                    |
| <hr/>  |    |                               |                                   |               |                               |
| JP 06015309  | A  | 25-01-1994                    | KEINE                             |               |                               |
| <hr/>  |    |                               |                                   |               |                               |